

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-317348

(43)Date of publication of application : 16.11.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

G03F 7/22

(21)Application number : 10-136169

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 30.04.1998

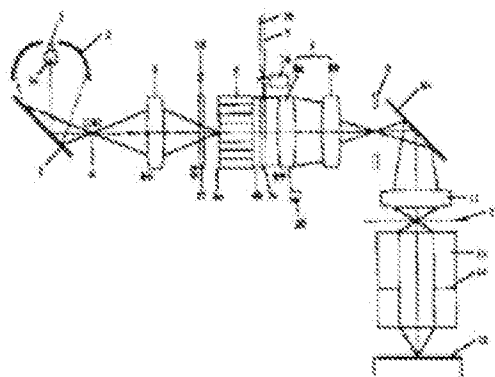
(72)Inventor : SATO HIROSHI

(54) PROJECTION ALIGNER AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an aligner and a method for manufacturing device which uses it, wherein high resolution is obtained at off times, even if a pattern on a reticle surface is illuminated in various lighting modes.

SOLUTION: An illuminating optical system for illuminating a reticle 12, where a pattern is formed and a projection optical system for projecting a pattern on a substrate are provided to a projection exposure device 13. Here, a first means for changing illuminance distribution symmetrically about an optical axis on a surface which is to be irradiated, and a second means for changing illuminance distribution asymmetrically about the optical axis are provided, and then the illuminance distribution on the surface which is to be irradiated is separated into such component as symmetrical about the optical axis and that asymmetrical about the optical axis, and each component of illuminance distribution is made to be changed independently by the first and second means for correcting the illuminance dispersion.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-317348

(43) 公開日 平成11年(1999)11月16日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 L 21/027  
G 0 3 F 7/20  
7/22

識別記号

5 2 1

F I

H 0 1 L 21/30

G 0 3 F 7/20

7/22

H 0 1 L 21/30

5 2 7

5 2 1

H

5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-136169

(22) 出願日 平成10年(1998)4月30日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 佐藤 洋

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

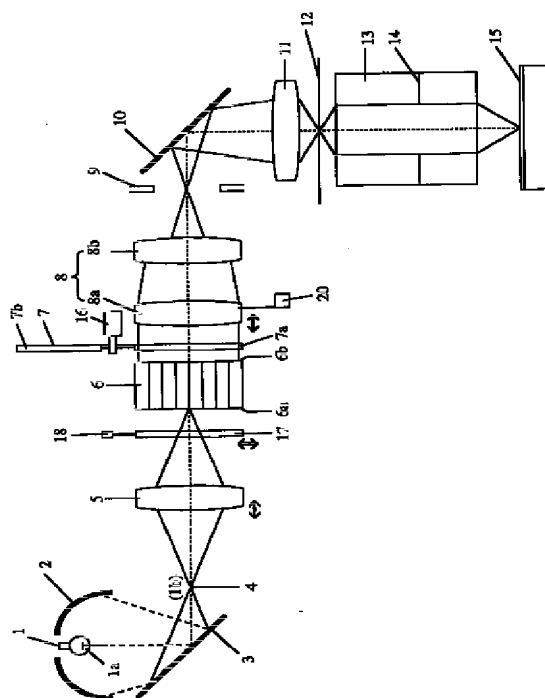
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 レチクル面上のパターンを種々な照明モードで照明しても常に高い解像力が得られる露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を得ること。

【解決手段】 パターンが形成されたレチクルを照明する照明光学系と、該パターンを基板上に投影する投影光学系とを有する投影露光装置において、被照射面上において光軸に関して対称に照度分布を変化させる第1の手段と、光軸に関して非対称に照度分布を変化させる第2の手段とを有し、該被照射面上の照度分布を光軸に関して対象な成分と光軸に関して非対称な成分とに分離し、前記第1及び第2の手段により各々の照度分布の成分を独立して変化させ、照度ムラを補正すること。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 パターンが形成されたレチクルを照明する照明光学系と、該パターンを基板上に投影する投影光学系とを有する投影露光装置において、被照射面上において光軸に関して対称に照度分布を変化させる第1の手段と、光軸に関して非対称に照度分布を変化させる第2の手段とを有し、該被照射面上の照度分布を光軸に関して対称な成分と光軸に関して非対称な成分とに分離し、前記第1及び第2の手段により各々の照度分布の成分を独立して変化させ、照度ムラを補正することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記第1の手段は前記照明光学系の一部を構成するレンズ部材より成り、該レンズ部材を光軸上移動させて、光軸に関して対称に照度分布を変化させていることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項3】 前記第2の手段は像高の略2乗に比例して周辺部の照度を上げる光学フィルターより成っており、該光学フィルターを光軸と直交する平面内で移動させて、光軸に関して非対称に照度分布を変化させていることを特徴とする請求項1又は2の投影露光装置。

【請求項4】 前記照明光学系は複数の微小レンズを2次元的に所定のピッチで配列したオブティカルインテグレータを有し、前記第2の手段は該オブティカルインテグレータの複数の微小レンズのうちの少なくとも1つに入射する光量を制限する光量調整部を有し、該光量制御手段を光軸と直交する平面内に2次元的に駆動制御するための駆動機構とを有し、これらの各要素を利用して前記被照射面上の光軸に関して非対称な照度分布変化を補正していることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項5】 前記光軸に関して非対称な不均一の照度分布の補正は、被照射面の照度分布の変化測定値のうち光軸に関して非対称な成分をフィードバック制御して行っていることを特徴とする請求項4の投影露光装置。

【請求項6】 前記第1の手段は前記オブティカルインテグレータからの光束を被照射面に照射するための照明光学系の一部のレンズ部材と、該レンズ部材を光軸方向に駆動制御する為の駆動機構とを有し、これらの各要素を利用して前記被照射面上の光軸に関して対称な照度分布の変化を補正していることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項7】 前記光軸に関して対称な不均一の照度分布の補正は、被照射面の照度分布の変化測定値のうち光軸に関して対称性成分をフィードバック制御して行っていることを特徴とする請求項6の投影露光装置。

【請求項8】 前記フィードバック制御を直列的に、あるいは並列的に行うことを特徴とする請求項5又は7の投影露光装置。

【請求項9】 前記不均一の照度分布の補正が最適化された際の、前記光量制御手段の駆動位置を検出する検出機構と記憶する記憶機構を有し、必要に応じて該光量制

御手段を記憶された最適な位置に駆動させていることを特徴とする請求項4又は5の投影露光装置。

【請求項10】 前記光量制御手段は前記オブティカルインテグレータの中心の微小レンズあるいは中心回転対称に正方形の頂点に位置する4つの微小レンズのうちの少なくとも一方を透過する光量を制御していることを特徴とする請求項4、5又は9の投影露光装置。

【請求項11】 前記光量制御手段の透過光量を制御する光量調整部は、NDフィルターまたは遮光部材により成っていることを特徴とする請求項4、5、9又は10の投影露光装置。

【請求項12】 前記光量制御手段の透過光量を制御する光量調整部は、前記オブティカルインテグレータの微小レンズに対応する領域内において、連続的に透過率が異なる光学フィルターより成っていることを特徴とする請求項4、5、9又は10の投影露光装置。

【請求項13】 前記光量制御手段は透過率および形状の異なるNDフィルターまたは遮光部材を複数種有し、このうちの1つを選択して光路中に装着可能となっていることを特徴とする請求項4、5、9、10、11又は12の投影露光装置。

【請求項14】 請求項1～13のいずれか1項記載の投影露光装置を用いてレチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法に関し、特に第1物体面上のパターンを均一な照度分布の光束で照明し、該第1物体面上のパターンを第2物体面上にステップアンドリビート方式又はステップアンドスキャン方式を利用して投影露光し、IC、LSI、CCD、液晶パネル等のサブミクロン又はクォーターミクロン以下の高集積度のデバイス（半導体素子）を製造する際に好適なものである。

**【0002】**

【従来の技術】半導体素子の製造用の投影露光装置では、照明系（照明光学系）からの光束で電子回路パターンを形成したレチクルを照射し、該パターンをウエハ面上に露光する。この際、高解像力化を図るための要件としてウエハ面上を均一に照射することがある。

【0003】この種の投影露光装置で用いられる照明系では、照射面を均一に照射するための種々の方法が知られている。例えば、一般にステッパーと呼ばれる投影露光装置では、コリメータレンズと複数の微小レンズを所定のピッチで配列したオブティカルインテグレータとを組み合わせた照明系を用いて、被照射面を均一に照射している。

【0004】照明系に、このようなオプティカルインテグレータを用いることにより、微小レンズの個数に相当するだけの複数の2次光源を形成でき、該2次光源からの光束で被照射面を複数の方向から重畳して、照度分布の均一化を図っている。

【0005】一般に被照射面での照度不均一性を示す値として、照度 $\mu$ を、被照射面での照度値の最大値を $S_{max}$ 、最小値を $S_{min}$ として、 $S = (S_{max} - S_{min}) / (S_{max} + S_{min})$ で表現している。従来の投影露光装置では該被照射面での不均一性を数パーセント以内にしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、最近の超LSIの高集積化に伴い、回路パターン焼き付けに要求される照度均一性は $\pm 1\%$ 前後という極めて高いものとなり、上記の従来技術のみでは不十分になってきている。

【0007】また解像度を高めるために、斜入射照明や位相シフトマスクと呼ばれる超解像結像技術が提案されている。このような照明法では、照明光学系の開口絞りを変更することで $\sigma$ 値を小さくしたり、輪帯形状や四重極形状のような特殊な形状の2次光源を形成している。

【0008】このような複数の照明方法に対し、多くの投影露光装置ではある標準的な照明モードAで照度 $\mu$ が最小になるように照明系の各要素の位置を調整している。

【0009】しかしながら、斜入射照明法や小 $\sigma$ 値等の照明モードAとは異なる照明モードBに変えたときには、照明系の各要素が照明モードAと同じでは必ずしも照度 $\mu$ が最小とはならなかった。

【0010】投影露光装置を構成する光学系には種々な光学素子が用いられている。又これらの光学素子には反射防止膜が用いられている。一般に反射防止膜の光学的効果が光線の角度により異なるため、照明モードを切り替えると被照射面の周辺照度が変化し、光軸に関して対称に照度 $\mu$ が生じていた。また同様に照明モードを切り替えると、ミラーによる折り返しでの反射 $\mu$ や光学系の偏心の影響、ウエハー面、レチクル面、投影光学系、照明光学系の間で生じる反射によって生じるフレアの影響が異なってくるため、被照射面に光軸に関して非対称な照度 $\mu$ も発生していた。

【0011】このような光軸に関して対称な照度 $\mu$ 、および光軸に関して非対称な照度 $\mu$ を照明条件の切替時にそれぞれ同時に補正することは従来の投影露光装置では大変困難であった。

【0012】本発明は照明条件を種々と変更した際に生じる光軸に関して対称な照度 $\mu$ と光軸に関して非対称な照度 $\mu$ を各々最小とし、レチクル面上の各種のパターンをウエハー面上に高い解像力で投影できる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法の提供を目的

とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の投影露光装置は、

(1-1) パターンが形成されたレチクルを照明する照明光学系と、該パターンを基板上に投影する投影光学系とを有する投影露光装置において、被照射面上において光軸に関して対称に照度分布を変化させる第1の手段と、光軸に関して非対称に照度分布を変化させる第2の手段とを有し、該被照射面上の照度分布を光軸に関して対称な成分と光軸に関して非対称な成分とに分離し、前記第1及び第2の手段により各々の照度分布の成分を独立して変化させ、照度 $\mu$ を補正することを特徴としている。

【0014】特に、

(1-1-1) 前記第1の手段は前記照明光学系の一部を構成するレンズ部材より成り、該レンズ部材を光軸上移動させて、光軸に関して対称に照度分布を変化させていること。

【0015】(1-1-2) 前記第2の手段は像高の略2乗に比例して周辺部の照度を上げる光学フィルターより成っており、該光学フィルターを光軸と直交する平面内で移動させて、光軸に関して非対称に照度分布を変化させていること。

【0016】(1-1-3) 前記照明光学系は複数の微小レンズを2次的に所定のピッチで配列したオプティカルインテグレータを有し、前記第2の手段は該オプティカルインテグレータの複数の微小レンズのうちの少なくとも1つに入射する光量を制限する光量調整部を有し、該光量制御手段を光軸と直交する平面内に2次的に駆動制御するための駆動機構とを有し、これらの各要素を利用して前記被照射面上の光軸に関して非対称な照度分布変化を補正していること。

【0017】(1-1-4) 前記光軸に関して非対称な不均一の照度分布の補正は、被照射面の照度分布の変化測定値のうち光軸に関して非対称な成分をフィードバック制御して行っていること。

【0018】(1-1-5) 前記第1の手段は前記オプティカルインテグレータからの光束を被照射面に照射するための照明光学系の一部のレンズ部材と、該レンズ部材を光軸方向に駆動制御する為の駆動機構とを有し、これらの各要素を利用して前記被照射面上の光軸に関して対称な照度分布の変化を補正していること。

【0019】(1-1-6) 前記光軸に関して対称な不均一の照度分布の補正は、被照射面の照度分布の変化測定値のうち光軸に関して対称な成分をフィードバック制御して行っていること。

【0020】(1-1-7) 前記フィードバック制御を直列的に、あるいは並列的に行うこと。

【0021】(1-1-8) 前記不均一の照度分布の補正が最適化された際の、前記光量制御手段の駆動位置を検出す

る検出機構と記憶する記憶機構を有し、必要に応じて該光量制御手段を記憶された最適な位置に駆動させていること。

【0022】(1-1-9) 前記光量制御手段は前記オプティカルインテグレータの中心の微小レンズあるいは中心回転対称に正方形の頂点に位置する4つの微小レンズのうちの少なくとも一方を透過する光量を制御していること。

【0023】(1-1-10) 前記光量制御手段の透過光量を制御する光量調整部は、NDフィルターまたは遮光部材により成っていること。

【0024】(1-1-11) 前記光量制御手段の透過光量を制御する光量調整部は、前記オプティカルインテグレータの微小レンズに対応する領域内において、連続的に透過率が異なる光学フィルターより成っていること。

【0025】(1-1-12) 前記光量制御手段は透過率および形状の異なるNDフィルターまたは遮光部材を複数種有し、このうちの1つを選択して光路中に装着可能となっていること。等の特徴としている。

【0026】本発明のデバイスの製造方法は、  
(2-1) 構成(1-1)の投影露光装置を用いてレチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0027】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施形態1の要部概略図である。本実施形態はサブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ用ステップアンドリピート方式、又はステップアンドスキャン方式の投影露光装置に適用した場合を示している。

【0028】1は水銀ランプ等の光源としての発光管であり、紫外線及び遠紫外線を放射する高輝度の発光部1aを有している。発光部1aは楕円ミラー2の第1焦点又はその近傍に配置している。発光部1aは楕円ミラー2の第2焦点4又はその近傍に結像される。

【0029】3はコールドミラーであり、多層膜より成り、大部分の赤外光を透過すると共に大部分の紫外線を反射させている。楕円ミラー2はコールドミラー3を介して第2焦点4またはその近傍に発光部1aの発光部像(光源像)1bを形成している。

【0030】5は光学系であり、コンデンサーレンズやコリメータレンズそしてズームレンズなどから成り、第2焦点4又はその近傍に形成した発光部像1bを光量制御手段17を介して、オプティカルインテグレータ6の入射面6aに結像させている。

【0031】オプティカルインテグレータ6は断面が4角形状の複数の微小レンズ6cを2次元的に所定のピッチで配列して構成しており、その射出面6b近傍に2次光源を形成している。

【0032】光量制御手段17は光軸上に垂直な平面に

沿って2次元的に駆動機構18により移動可能で、オプティカルインテグレータ6の光射出面6a近傍に配置している。光量制御手段17はオプティカルインテグレータ6の複数の微小レンズのうち少なくとも1つの微小レンズ6cを透過する光量をNDフィルター31や遮光部材から成る光量調整部21により制御している。18はホルダー(駆動機構)であり、照度分布測定手段(不図示)からの信号に基づいて光量制御手段17を光軸に垂直な平面に沿って2次元的に移動させて被照射面12上の光軸に関して非対称(光軸非対称)の照度分布を調整している。ここで光量制御手段17と駆動機構18は第2の手段の一要素を構成している。

【0033】7は絞りであり、2次光源の形状を決定している。絞り7は照明条件に応じて絞り交換機構(アクチュエータ)16によって種々の絞り7a、7bが光路中に位置するように切り替え可能となっている。絞り7としては、例えば通常の円形開口の絞りや、後述する投影レンズ13の瞳面14上の光強度分布を変化させる輪帯照明用絞り、4重極照明用絞り、小 $\sigma$ 値照明用絞り等の1つから成っている。

【0034】本実施形態では種々の絞り7(7a、7b)を用いることにより、集光レンズ8に入射する光束を種々と変えて投影光学系13の瞳面14上の光強度分布を適切に制御している。

【0035】集光レンズ8はオプティカルインテグレータ6の射出面6b近傍の2次光源から射出し、絞り7を透過した複数の光束を集光し、被照射面としてのマスキングブレード9面を重畳に均一に照射している。また集光レンズ8は光軸上移動するレンズ部材8aと固定レンズ8bから構成されており、駆動機構20によりレンズ8aを光軸方向に移動させることで、実質的に焦点距離を変えないようにしつつ、被照射面上におけるディストーションを変化させる機構になっている。ここでレンズ部材8aと駆動機構20は第1の手段の一要素を構成している。

【0036】マスキングブレード9は複数の可動の遮光板より成り、任意の開口形状が形成されるようにしている。

【0037】10はミラー、11は結像レンズであり、マスキングブレード9の開口形状を被照射面としてのレチクル12面に転写し、レチクル12面上の必要な領域を均一に照明している。レチクル12はレチクルステージ(不図示)によって保持されている。13は投影光学系(投影レンズ)であり、レチクル12面上の回路パターンをウエハチャックに載置したウエハ(基板)15面上に縮小投影している。14は投影光学系の瞳である。

【0038】本実施形態における光学系では、発光部1aと第2焦点4とオプティカルインテグレータ6の入射面6aとマスキングブレード9とレチクル12とウエハ

一面15とが共役関係である。また、絞り7と投影光学系13の端面14とが略共役関係となっている。

【0039】尚、本実施形態では本出願人が先の特開平5-47626号公報や特開平5-47640号公報で提案しているように、レチクル面12面上のパターン形状に応じて開口形状の異なった絞りを選択して用いて、投影光学系13の端面14に形成される光強度分布を種々と変えている。

【0040】光源1からレチクル12の至る各要素は照明光学系（照明系）の一要素を構成している。

【0041】本発明による投影露光装置は、被照射面を重畳して照明するための微小レンズ群を有するオプティカルインテグレート6と、該オプティカルインテグレート6の入射面6aを被照射面12とほぼ共役に行っていることを基本構成としている。そして照明条件・照明モードを変更した際に生じる被照射面12の照度分布の変化のうち、光軸非対称な照度分布変化と光軸対称な照度分布変化に分離し、光軸対称な成分および光軸非対称な成分を補正する第1、第2の手段を各々独立に備えている。

【0042】光軸非対称な照度分布変化を補正するための第2の手段は、オプティカルインテグレート6の微小レンズ群のうち、少なくとも1つに入射する光量を調整する光量制御手段と、前記光量制御手段を光軸と直交する平面内に2次元的に駆動制御するための駆動機構とを有している。また、光軸対称な照度分布変化を補正するための第1の手段は、オプティカルインテグレート6からの光束を被照射面に照射するための照明光学系の一部（レンズ部材）を光軸方向に駆動制御するための駆動機構とを有しており、焦点距離を一定に保ちつつ集光レンズ8のディストーションを変化させることで、光軸対称に照度分布を可変としている。これら手段を用いることにより照度分布の補正をしていることを特徴としている。

【0043】次に本実施形態の光量制御手段17の光学的作用の特徴について説明する。図2（A）は図1の光量制御手段17の光量調整部としてNDフィルター（または遮光部材）を用いた光学フィルターの光入射側から見た概略図、図2（B）は図1の光量制御手段（光学フィルター）17とオプティカルインテグレート6の要部側面図である。

【0044】図2（A）の光学フィルター17はオプティカルインテグレート6を構成する複数の微小レンズ6cに各々対応していて、複数の領域の透過光量が調整できる光量調整部21を有している。図2（A）ではオプティカルインテグレート6の複数の微小レンズ6cに対応して、入射光量を減少させる円形状のNDフィルター31による光量調整部21を示している。このNDフィルター31には大きさの異なる2種類（又は2種類以上）のものがあ

【0045】図2（B）において、6cはオプティカル

インテグレート6を構成する複数の微小レンズである。微小レンズ6cの光入射側のレンズ面6aの後側焦点は光射出側のレンズ面6bの位置にある。また、微小レンズ6cの光射出側のレンズ面6bの前側焦点は光入射側のレンズ面6aの位置にある。この為、光学系5で微小レンズ6cのレンズ面6aに集光した光束はレンズ面6bより平行光束として射出している。そしてレンズ面6bから射出した平行光束は絞り7aを介し、集光レンズ8で集光されマスキングブレード9を介して、ミラー10で反射し、結像レンズ11によりレチクル12面上を照明している。

【0046】このようにしてオプティカルインテグレート6の光入射面6aとマスキングブレード9とを共役関係になるようにしている。

【0047】本実施形態の光学フィルター17の光学的作用を示す。オプティカルインテグレート6の光入射面6aとレチクルもしくはウエハ等の被照射面は光学的に共役である。照度ムラを補正する光学フィルター17はオプティカルインテグレート6の入射面6aから所定の間隔Dの位置に配置されており、間隔Dが大きくなるに従ってNDフィルターによる照度低下部分とそうでない部分との境界が不鮮明になり、被照射面上（ウエハ15）での照度分布変化の断面は矩形ではなく、なだらかな形状で照度低下を起こす。

【0048】本実施形態では大きさの異なる円形状のNDフィルターを配し、各NDフィルター部分に図3（A）、（B）のような照度低下の効果を持たせている。各NDフィルターの径や透過率、配置を適切にすることで、最終的に被照射面では図3（A）、（B）の総和である図3（C）のように中心の照度を低下させて近似的に像高の2乗に比例して周辺の照度を上げる作用を有している。

【0049】一般に投影露光装置用の照明装置において、被照射面における開口数の均一性と照度分布の均一性を両立させようとすると、オプティカルインテグレート6の正弦条件の不満足量、およびレンズに用いられる反射防止膜の角度特性により周辺の照度が低下する傾向にある。そのため、本実施形態のように周辺の照度を、上げる作用を有する光学フィルターは照度分布の補正に有効である。

【0050】この実施形態では、光軸対称に微小レンズの光量を調整しているのでテレセン度のズレがほとんど生じない。このようにNDフィルターの透過率調整部の形状、大きさ、透過率、距離Dを適切に決めることによって、被照射面全域に渡って照度分布を均一に調整している。

【0051】これに対して、照明モードを変更した際には光路が異なるため、レンズ系のフレアー、偏心、レンズのコーティング特性等の影響を受け、被照射面9に照度ムラが生じてくる。

【0052】次に例えば照明モードを変更したとき、2次元的に見ると図4(A)、XY軸断面で見ると図4

(B)のような照度ムラが生じたときの照度ムラ補正について述べる。

【0053】本実施形態ではNDフィルター17は周辺照度を最軸外で5%上昇させるタイプ、ズームは0%から100%への駆動で周辺照度を最軸外で5%上昇させるものを用いている。

【0054】発生した照度ムラは図4(C)、(D)のように、光軸非対称な傾斜状の照度ムラと、同心円上の光軸対称な照度ムラに成分分けできる。これらは照度分布から像高別平均照度を抽出することより、分離できる。

【0055】本実施形態の場合は、  
・光軸非対称な傾斜状照度ムラがX軸方向に最軸外換算で±1%(図4(C))  
・周辺照度の低下が軸上・最軸外比で-2%(図4(D))  
となる。以下にこのように成分分けした照度ムラの補正方法を述べる。

【0056】〈光軸非対称な傾斜状の照度ムラの補正方法〉前述したように本実施形態の光学フィルター17は像高のほぼ2乗に比例して周辺部の照度分布を5%あげる効果を持つ。このとき、オブティカルインテグレータ6の微小レンズの有効径をウエハ・レチクルの被照射面相当とし、オブティカルインテグレータ6の微小レンズの有効径の入射面を正規化されたXY座標系とすれば、光学フィルター17の効果zは

【0057】

【数1】

$$z = 5\sqrt{x^2 + y^2}$$

と書ける。この効果を図5(A)に示す。

【0058】このため、光学フィルター17を光軸に垂直な平面に沿って2次元的に移動させることにより、1次元的に傾斜状の照度分布変化を発生させることができる。即ち、光学フィルター17を光軸に垂直な平面に沿って移動させて光軸に非対称な照度ムラを補正している。

【0059】ここで

$$dz / (dx \cdot dy) = 10(x + y)$$

よって、傾斜状の滑度ムラをX軸方向±1%補正するのに、X軸方向に光学フィルター17をx=0.1動かしてやればよいということになる。このときの光学フィルター17の補正効果を図5(B)、図5(A)、(B)間の変化を図5(C)に示す。

【0060】実際には、照明モード毎に光学フィルター17の効き率が若干異なるので、この実施形態では図6のフローチャートで示すように光学フィルター17の効き率を算出して光軸非対称な照度ムラの補正を行う。図

7(A)、(B)はNDフィルター17の移動方向を示している。

【0061】被照射面での周辺部の4点の照度を予め測定し、基礎データとして用いる(図7(C)の網掛け部)。図7(C)のように光軸に垂直な平面に沿ってX座標およびY座標を取る。NDフィルター17をX方向、Y方向に所定距離d0移動させて照度ムラ測定を行い、被照射面での周辺部の4点の照度の変化量を装置の演算装置(不図示)によって計算し、NDフィルター17を移動させたときの変化量の効き率を装置の記憶装置(不図示)に記憶させる。この効き量をもとにNDフィルター17を動かすべき方向と量を装置の演算装置(不図示)によって計算する。

【0062】この演算結果に基づいて光学フィルター駆動機構18によりフィルター17を所定方向へ所定量駆動させる。駆動後再度照度ムラ測定を行い、最適値になっていたら終了、さらに最適にする余地がある場合には、上記の作業を繰り返して非対称ムラを最適に補正する。この手順におけるフィルター17による照度ムラ補正範囲の変化の例を図7(D)、(E)に示している。

【0063】〈光軸対称な照度ムラの補正方法〉周辺照度が照明モード間で異なる場合の調整方法として、オブティカルインテグレータ6と被照射面の間にある集光レンズ(コンデンサーレンズ)8の一部のレンズ部材8aを光軸方向に移動可能としている。

【0064】これによって集光レンズ8の焦点距離を実質的に変えないようにしつつ、ディストーションを変化させている。この作用により、被照射面上の周辺照度を上下させることを可能としている。

【0065】本実施形態では周辺照度が2%低下しているが、レンズ部材8aは全駆動範囲中の0%から100%への駆動で周辺照度を最軸外で5%上昇させている。例えば周辺照度を2%上昇させるために、レンズ部材8aを40%駆動させてやれば良い。

【0066】この実施形態における周辺照度を変化させる手順を図8のフローチャートで示す。図9(A)はレンズ部材8aの移動方向を示している。

【0067】被照射面の最周辺部の4点の照度と中心から最周辺部の例えば50%部の4点の照度を予め測定し、基礎データとして用いる(図9(B)の網掛け部)。装置の記憶装置(不図示)には、レンズ部材8aを光軸方向に所定距離D0移動させたときの、被照射面の最周辺部の4点の照度と中心から最周辺部の50%部の4点の照度の効き量を装置の記憶装置(不図示)に記憶させてある。この効き量はシミュレーション等により前もって求めることができる。この効き量をもとにレンズ部材8aを光軸方向に動かすべき方向と量を装置の演算装置(不図示)によって計算する。この演算結果に基づいて駆動機構20によりレンズ部材8aを所定方向へ所定量駆動させ、周辺照度の調整を行う。駆動後再度照

度ムラ測定を行い、最適値になっていたら終了、さらに最適にする余地がある場合には、上記の作業を繰り返して照度ムラを最適に補正する。

【0068】以上のように、NDフィルター17を光軸に垂直な平面内に沿って移動することにより、光軸に非対称な照度ムラを補正し、又レンズ部材8aを光軸方向に移動させることによって、光軸に、対称な照度ムラを補正している。そしてこれらを両方行うことによってより細やかな補正をしている。

【0069】この場合は図6と図8で示したフローチャートを直列的に実行したり、並列的に実行するようにすればよい。

【0070】また、照度ムラの最適化を行った際には、図6と図8で示した実行結果（NDフィルター位置、およびコンデンサズームレンズ位置）を記憶装置（不図示）に記憶しておく。その後、同一照明条件を再度実行する際には、実行結果を呼び出して最適位置に駆動させれば、図6・図8のような手煩を踏むことなく、図10のごとく速やかに照度ムラの最適化を行える。

【0071】本実施形態と同様に像高のほぼ2乗に比例して周辺の照度を上げる作用を有していれば、図2に示した形態以外のフィルターを適用できる。その例として図11に示すように、各オプティカルインテグレータの微小レンズに対して、中心部から連続的に透過率を変化させるフィルターが適用できる。

【0072】本実施例に倣って、図2、図11に示すように、NDフィルターの透過率を最適化しつつ、透過率調整部を多数配置すれば、通常照明とその他の輪帯照明や4重極照明、あるいは位相シフトマスクの際に用いられる $\sigma$ 値が小さい照明条件等、多数の照明モードに関しても同様の機能を持たせることができる。

【0073】このような多数のパターン配置を行う場合、テレセンズのずれを極小にするため、透過率調整部は中心あるいは中心回転対称に正方形の4つの頂点に位置するように設けてあり、さらに中心から同一距離にある透過率調整部の透過率は等しくなるようにしている。

【0074】また、斜入射照明法や小 $\sigma$ 値での照明は通常照明に比較して、重畳されるオプティカルインテグレータ6からの光束は少なくなる。このことからオプティカルインテグレータ6の微小レンズ1つあたりの被照射面での寄与率が大きくなるため、NDフィルターの透過率の選定には注意を要する。

【0075】本実施形態のNDフィルターや遮光部材は一般にガラス基板上にCr等の金属膜や誘電体多層膜を蒸着したり、または基板そのものに色素を混ぜたりして所望の透過率が得られるように構成している。尚、NDフィルターと同様の光学的性質を有するものであれば、他の光学部材を用いても良い。

【0076】なお、以上の照度ムラ補正方法は他の照明モードに変更したときに生じた照度ムラに限らず、一般

的な照明方法で経時の変化等で照度ムラが生じたときにも同様に用いることができる。

【0077】また、図6のフローチャートにおいて、効き率の算出に最周辺部4点とは別の点を使用したり、図8のフローチャートで像高50%部分の照度をデータとして使用しているのを、像高30%や70%等での照度をデータとして用いる等して、補正を最適化できるようにしてあることが望ましい。

【0078】本実施形態は有効光源形成のための光源が水銀ランプによるものを図示しているが、レーザー等による有効光源形成も本実施形態と何ら構造的に異なるものではない。

【0079】次に上記説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【0080】図12は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或いは液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。

【0081】ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0082】一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0083】次のステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。

【0084】ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0085】図13は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0086】ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

【0087】ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返して行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。



【0088】本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【0089】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、照明条件を種々と変更した際に生じる光軸に関して対称な照度ムラと光軸に関して非対称な照度ムラを各々最小とし、レチクル面上の各種のパターンをウエハー面上に高い解像力で投影できる投影露光装置及びそれをを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【0090】この他、本発明によれば、照明モードを変更した際に生じる照度ムラについて、光軸非対称な照度ムラ成分および光軸対称な成分それぞれが効果的に補正されオプティカルインテグレータを用いた投影露光装置において照度均一性に優れた照明が可能になる。この作用により、種々の照明モードにおいて照度ムラを最小とし、レチクル面上の各種のパターンをウエハー上に安定して高い解像力で投影することができる投影露光装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1の光学系の要部概略図

【図2】本実施形態に係るNDフィルタとオプティカルインテグレータの位置関係を示す説明図

【図3】本実施形態の被照射面での照度分布の変化特性例を示す説明図

【図4】本実施形態の他照明モードに変更した際の照度ムラを示す説明図

【図5】本実施形態のNDフィルタの補正効果例を示す説明図

【図6】本実施形態に係るNDフィルタを光軸に垂直な平面に沿って移動させたときの照度ムラ補正手順を示すフローチャート

【図7】本実施形態に係るNDフィルタを光軸に垂直な平面に沿って移動させたときの照度ムラ補正手順を示す説明図

【図8】本実施形態に係るレンズ部材を光軸に沿って移動させたときの照度ムラ補正手順を示すフローチャート

【図9】本実施形態に係るレンズ部材を光軸に沿って移動させたときの照度ムラ補正手順を示す説明図

【図10】本実施形態における照明モード変更時の照度ムラ最適化手順を示すフローチャート

【図11】本実施形態における光学フィルタの別の実施例を示す説明図

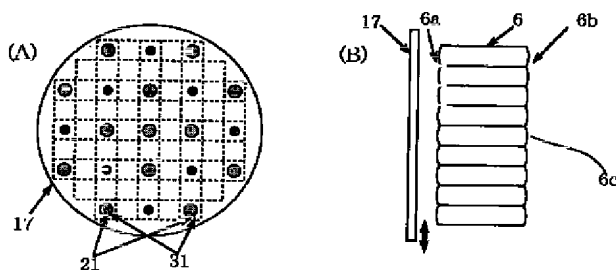
【図12】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図13】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

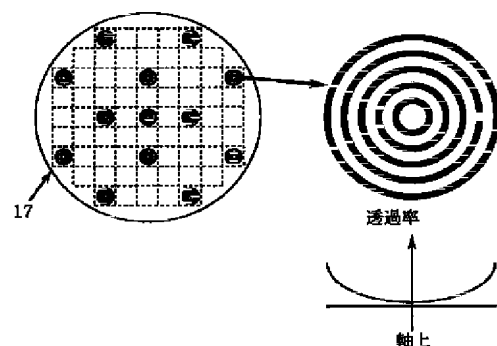
【符号の説明】

- 1 水銀ランプ（光源）
- 2 楕円ミラー
- 3 コールドミラー
- 4 楕円ミラー2の第2焦点
- 5 光学系
- 6 オプティカルインテグレータ
- 7 絞り
- 8 集光レンズ
- 8a レンズ部材
- 8b 固定レンズ
- 9 マスキングブレード
- 10 ミラー
- 11 結像レンズ
- 12 レチクル
- 13 投影光学系（投影レンズ）
- 14 投影レンズ瞳
- 15 ウエハー
- 16 絞り交換機構
- 17 光量制御手段
- 18 光学フィルタ駆動機構
- 19 駆動機構
- 21 光量調整部
- 31 NDフィルタ

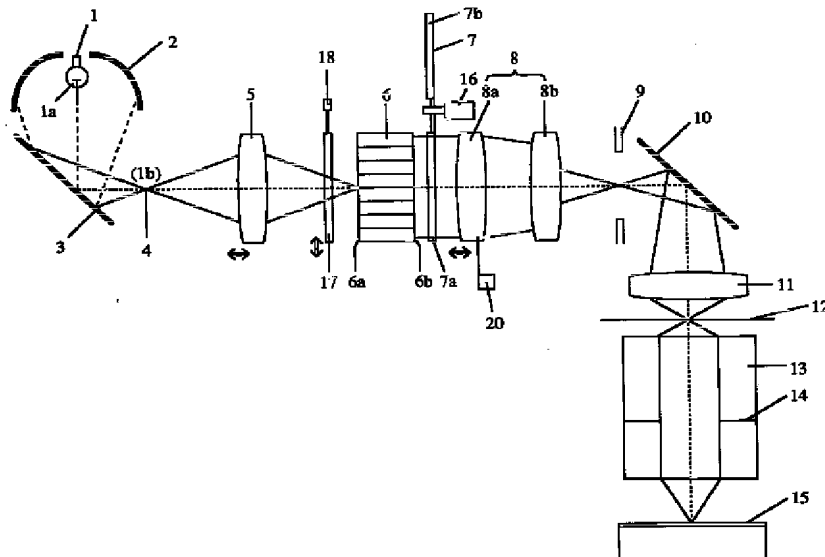
【図2】



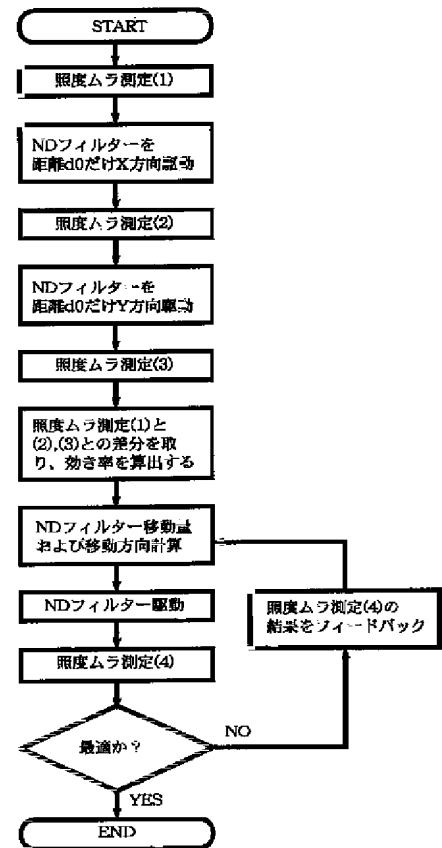
【図11】



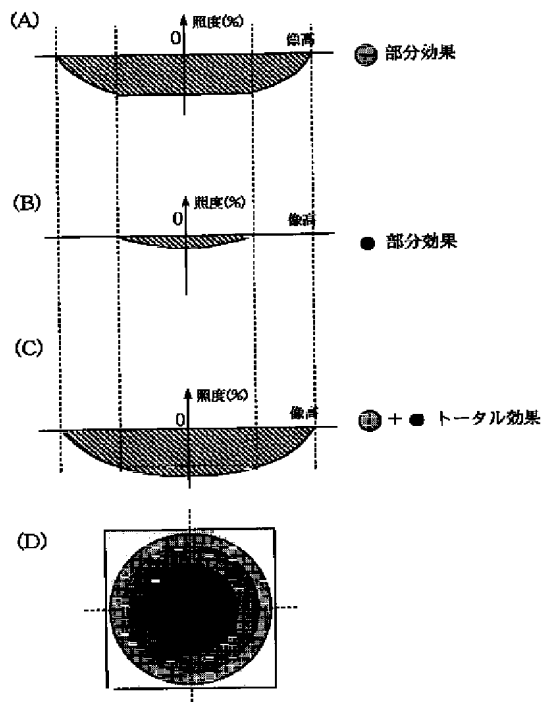
【図1】



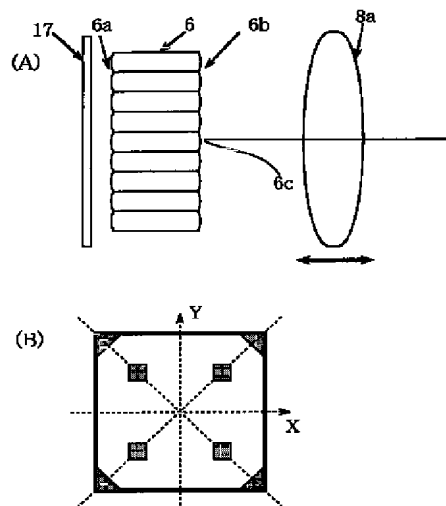
【図6】



【図3】

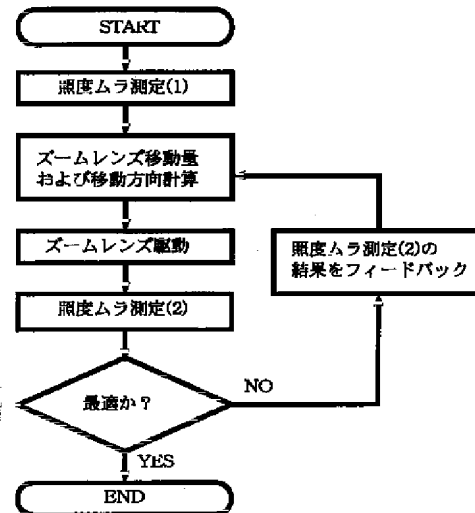
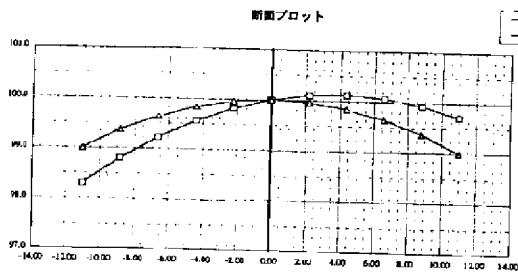


【図9】



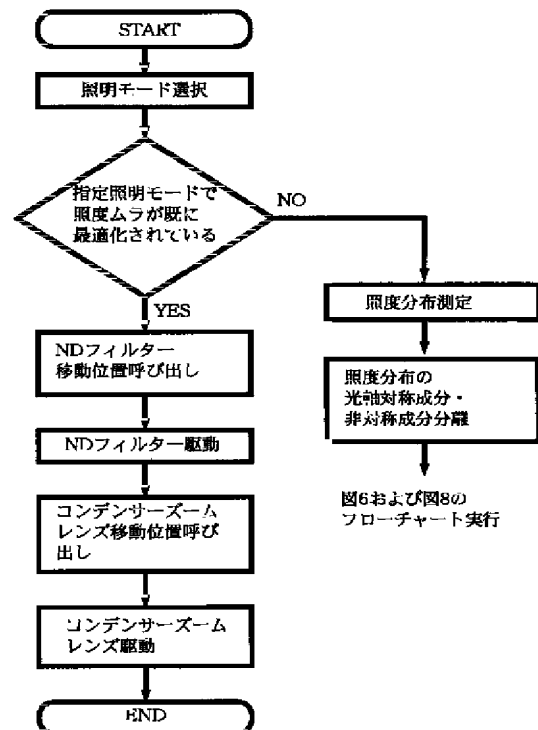
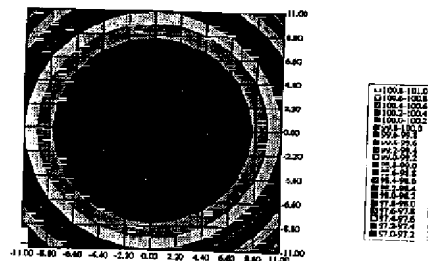
【图8】

(B)



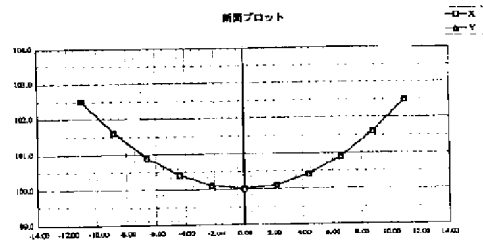
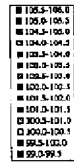
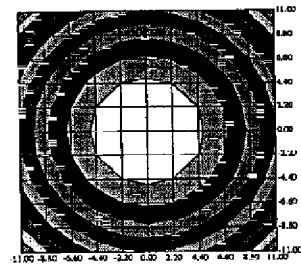
【図 10】

(D)

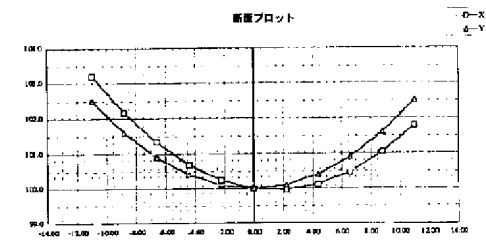
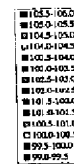
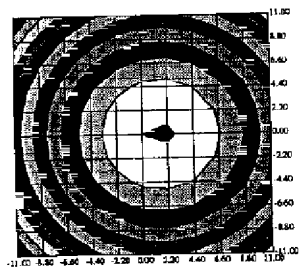


【図5】

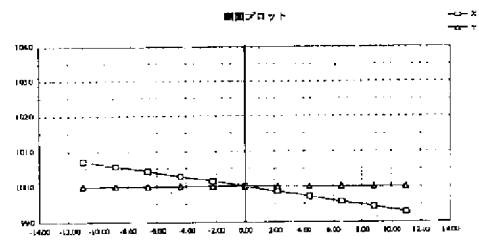
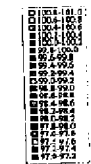
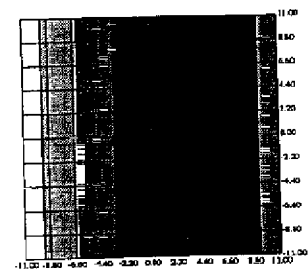
(A)



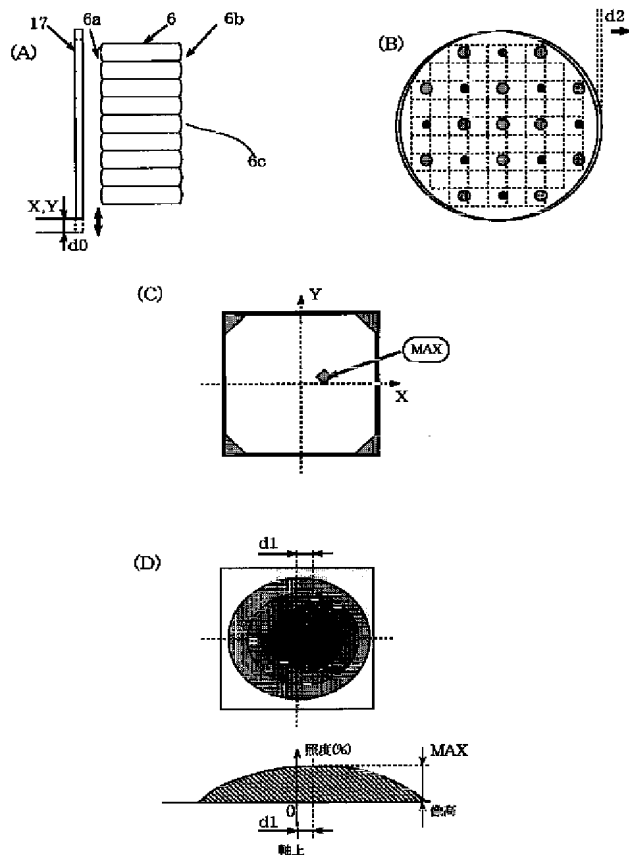
(B)



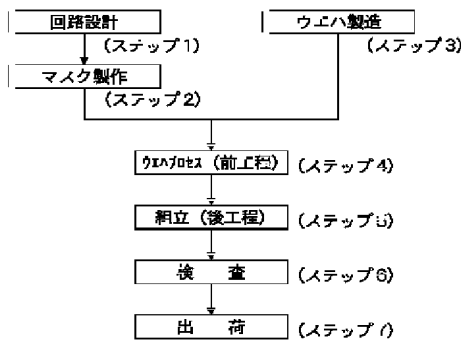
(C)



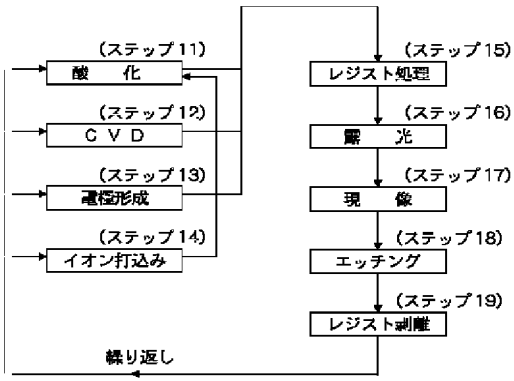
【図 7】



【図 1 2】



【図 1 3】



【手続補正書】

【提出日】平成11年3月26日

【手続補正1】

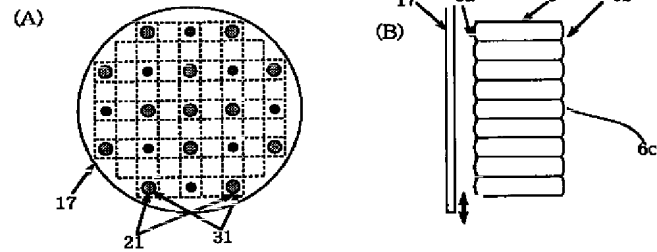
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図2】



【手続補正2】

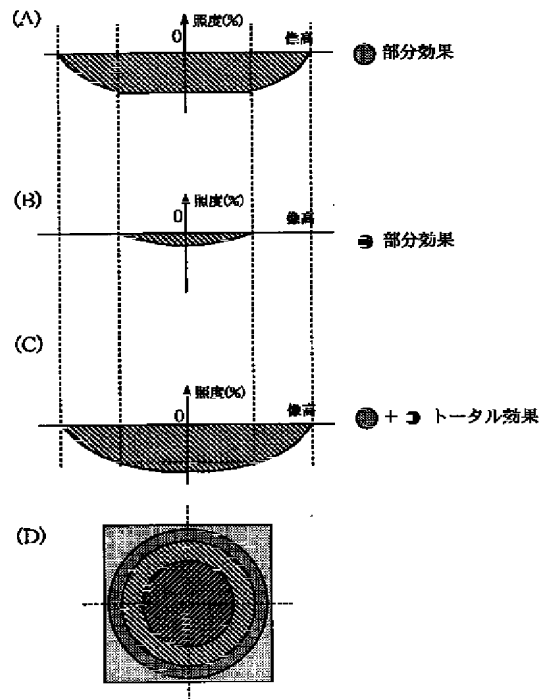
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】



【手続補正3】

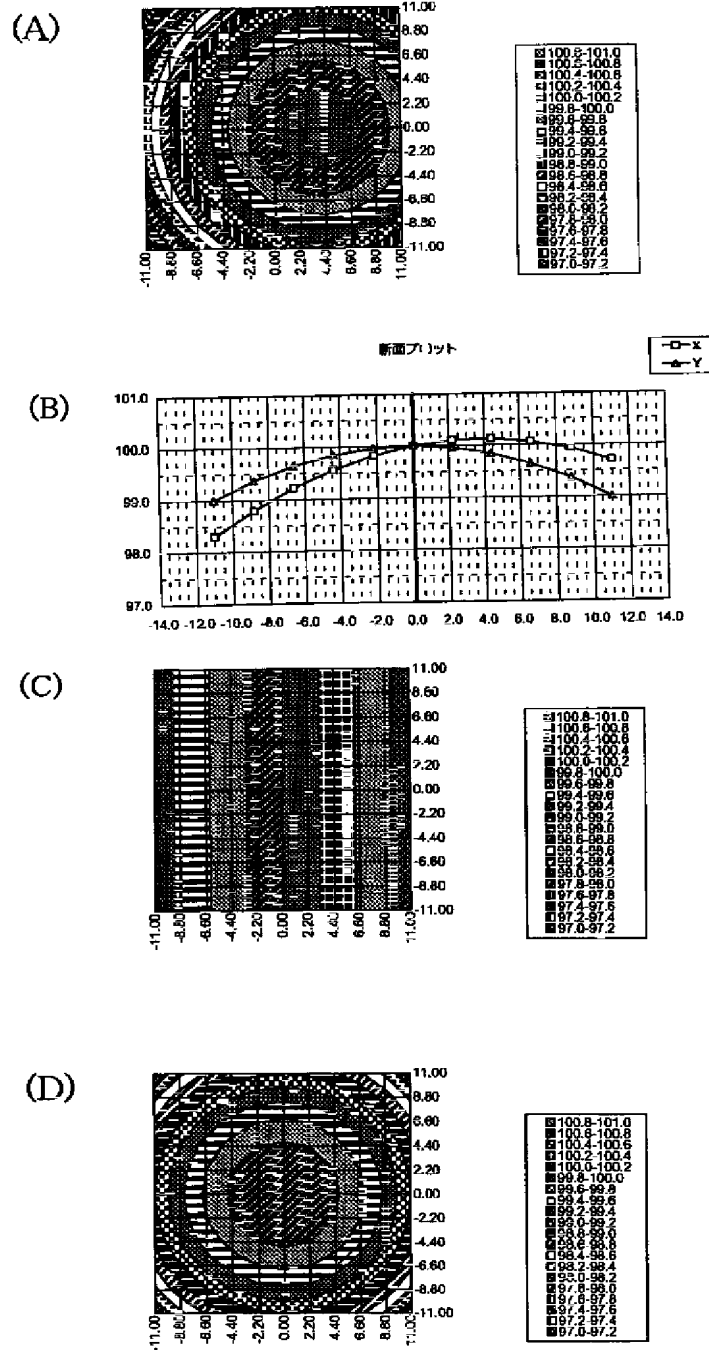
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】



【手続補正4】

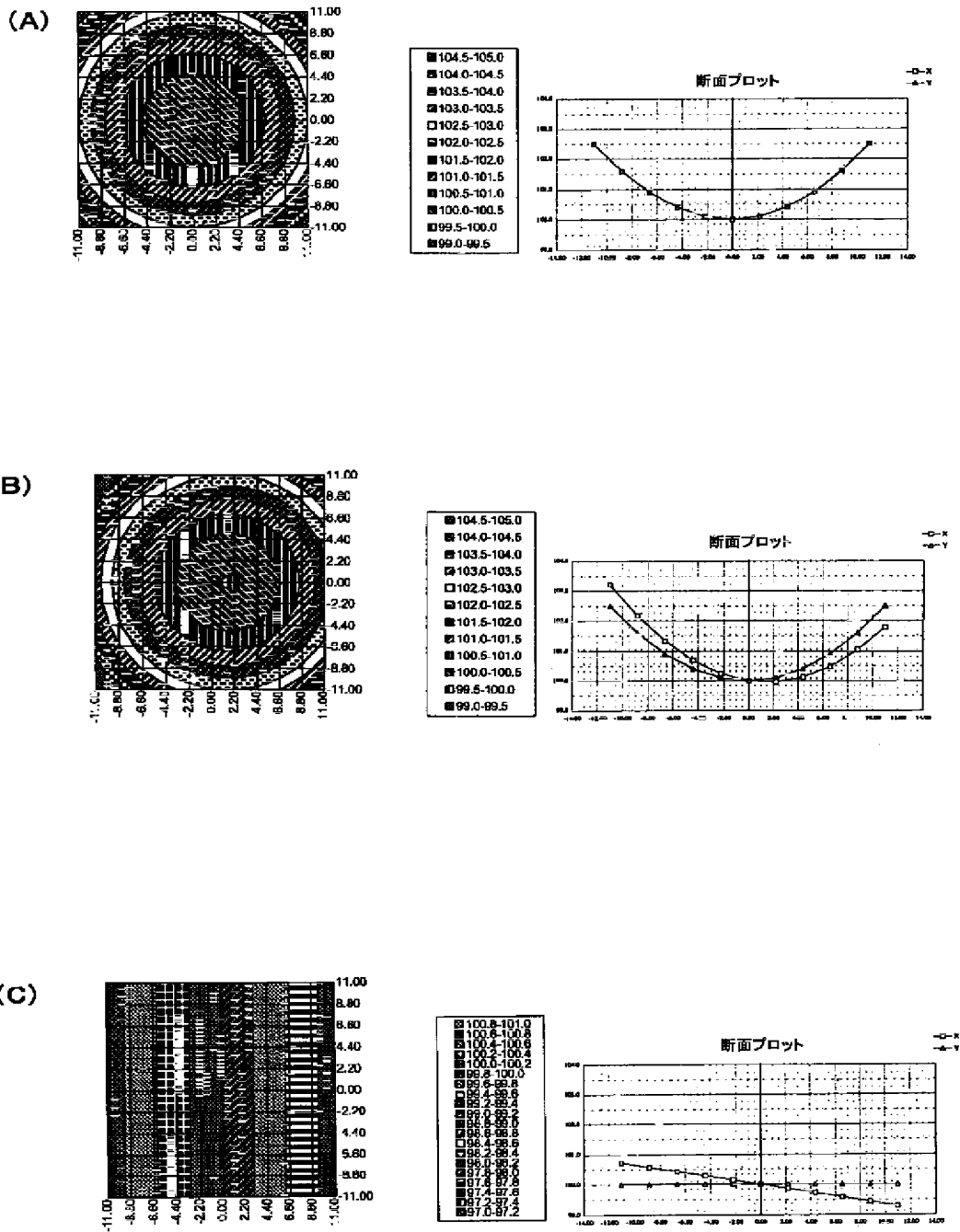
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】



【手続補正5】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】



